

**Kasvualustojen ominaisuudet ja käyttö :**  
**Tuotekehitysvaiheessa olevan turvelevyn ja kivivillalevyn**  
**vedenpidätysominaisuuksien vertailu**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Puutarhatalouden koulutusohjelma

HAMK Lepaa 2017

Alma Uotila



Puutarhatalous  
Lepaa

---

<b>Tekijä</b>	Alma Uotila	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	Kasvualustojen ominaisuudet ja käyttö : Tuotekehitysvaiheessa olevan turvelevyn ja kivivillalevyn vedenpidätysominaisuuksien vertailu	
<b>Työn ohjaaja/t</b>	Teo Kanninen	

---

## TIIVISTELMÄ

Kokeen tarkoitus oli selvittää uuden turvepohjaisen kasvualustan vedenpidätyskyky ja sen perusteella arvioida sen ominaisuuksia kasvihuoneviljelyssä. Työn toimeksiantaja oli suomalainen kasvualustoja kehittävä ja tuottava Kekkilä Oy. Vesikapasiteetin lisäksi kokeessa mitattiin vesi-, kiintoaines- ja ilmatilavuudet, kuivumiskutistuminen ja kuivatilavuuspaino.

Vedenpidätyskoe tehtiin HAMK Lepaan kemian laboratoriossa syksyllä 2016. Kokeessa käytettiin EU-standardin mukaista SFS-EN-13041 –menetelmää paria käytäntöä soveltaen. Näytteet kyllästettiin ensin vedellä ja niiden pohjiin kohdistettiin asteittain voimistaen imua, jolloin osa vedestä pidättyi näytteiden huokosiin. Menetelmä perustuu näytteiden punnitsemiseen kokeen eri vaiheissa ja niiden tuloksilla vesitilavuuden ja -kapasiteetin laskemiseen. Vertailun vuoksi kokeessa mitattiin samat ominaisuudet myös kivivillasta, josta oli yhtä monta näytettä kuin turpeestakin. Sekä turve-, että kivivillanäytteistä puolet olivat käyttämättömiä ja puolet jo viljelyssä käytettyjä.

Aikaisempiin tutkimuksiin ja kivivillanäytteiden tuloksiin verrattuna turvekasvualustan vedenpidätyskyky oli pienempi. Turvekasvualustassa oli enemmän pieniä ja suuria, ja kivivillassa keskikokoisia huokosia. Turvelevy voisi sopia ylikasteluviljelyyn, koska sen suuret huokokset eivät voi pidättää vettä. Käytetyt kasvualustat pidättivät enemmän vettä kuin käyttämättömät.

**Avainsanat** Kasvualustat, vedenpidätys, kasvihuoneviljely, turve

**Sivut** 24 sivua, joista liitteitä 2 sivua

Degree Programme in Horticulture  
Lepaa

---

<b>Author</b>	Alma Uotila	<b>Year</b> 2017
<b>Subject</b>	Properties and usage of substrates : Water retention capacity comparison between product development phased peat substrate and rockwool	
<b>Supervisors</b>	Teo Kanninen	

---

ABSTRACT

The aim of this research was to investigate the water retention capacity of a new peat based substrate and evaluate its properties in greenhouse cultivation. The client of the research was Kekkilä Oy which is a Finnish company that products and improves substrates. Properties measured in the research were: water holding capacity, water volume, air volume, total pore space, shrinkage value and dry bulk density.

The practical part of the water retention research was executed in the laboratory of Lepaa unit in the autumn 2016. The measuring methods followed the standard SFS-EN-13041 but for two exceptions. At first the samples were saturated with water. There was suction targeted at the bottom of the samples, so the pores retained some of the water. The method is founded on gravimetric measurements in various phases of the experiment. For the sake of comparison all the properties were defined of rockwool too. There were equal amount of peat and rockwool samples. Half of all the samples were new and the other half already used in cultivation.

Compared to earlier researches and the results of the rockwool samples, water retention of the peat samples was mainly smaller. The peat substrate contains more small and big pores and the rockwool contains mostly medium-sized pores. The peat could be suitable for basin irrigation system because the biggest pores are not able to retain any water. The samples that were used in cultivation retained more water than the new ones.

**Keywords** Substrates, water retention, greenhouse cultivation, peat

**Pages** 24 pages including 2 pages of appendices



# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KASVUALUSTOJEN RYHMITTELY .....	2
2.1	Aktiivisuus, inaktiivisuus ja mikrobitoiminta.....	2
2.2	Vedenpidätyskyky ja huokostilavuus .....	2
2.3	Ravinteikkuus ja happamuus .....	3
2.4	Käsiteltävyys ja rakenne .....	4
2.5	Ekologisuus.....	5
2.5.1	Tuotanto .....	5
2.5.2	Kierrätettävyys.....	5
3	KASVUALUSTOJEN KÄYTTÖ JA OMINAISUUDET KASVIHUONEVILJELYSSÄ .....	6
3.1	Turpeet .....	6
3.2	Kivivilla.....	6
3.3	Perliitti .....	7
3.4	Kookos .....	7
3.5	Muut kasvualustat ja vesiviljely .....	7
4	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	8
4.1	Käsittelyt.....	9
4.2	Kokeen valmistelu .....	9
4.3	Mittaukset ja vesipatsaan korkeuden säätö .....	10
4.3.1	Näytteiden punnitus .....	10
4.3.2	Vesipatsaan korkeuden säätö .....	11
4.4	Hehkutuskevennys .....	12
4.5	Vesi- ilma- ja kiintoainestilavuudet .....	12
4.6	Vesikapasiteetti .....	13
4.7	Kuivumiskutistuminen.....	13
4.8	Kuivatilavuuspaino .....	13
4.9	Kokeen purku .....	13
5	TULOKSET .....	13
5.1	Vesi-, ilma- ja kiintoainestilavuudet .....	13
5.2	Vesikapasiteetti .....	17
5.3	Kuivumiskutistuminen.....	17
5.4	Kuivatilavuuspaino .....	18
6	TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	18
	LÄHTEET .....	21

## Liitteet

- Liite 1      Näytteiden vesi-, ilma- ja kiintoainestilat vesipatsaan eri korkeuksissa  
Liite 2      Aineisto ja mittaustulokset

## 1 JOHDANTO

Erilaisia kasvualustoja kehitellään ja tutkitaan jatkuvasti, jotta viljelyolosuhteet olisivat kuhunkin tarkoitukseen mahdollisimman optimaaliset ja viljely kannattavaa. Markkinoilla on tarjolla monenlaisia vaihtoehtoja soilita nostetusta turpeesta kuumentamalla prosessoituun kivivillaan. Etenkin rajatuilla kasvualustoilla viljeltäessä fysikaalisten ominaisuuksien merkitykset korostuvat. Hyvään tuotteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa fysikaaliset ominaisuudet ja niiden soveltuvuus erilaisille kasveille, hinta, saatavuus, käsiteltävyys ja ekologisuus. Tärkeimpiä ominaisuuksia on usein tasapainoteltava sekä kasvin, että viljelijän näkökulmasta sopivimman kasvualustan löytämiseksi.

Kasvualustan tilavuus jakautuu kiintoaineeseen, veden ja ilman kesken. Kiintoaineen määrä pysyy samana, mutta vesi- ja ilmatilan lisääminen kasvualustassa tapahtuvat toistensa kustannuksella. Kasville käyttökelpoista vettä on oltava kasvualustassa riittävästi, mutta ei liikaa, koska juuristo tarvitsee myös happea. Käytännössä kasvualustan vedenpidätysominaisuudet vaikuttavat etenkin sopivan kastelumenetelmän valintaan; pienempi vesikapasiteetti edellyttää taajempaa kastelua. Vedenpidätyskykyyn voidaan vaikuttaa kasvualustan rakennetta muokkaamalla tai sekoittamalla erilaisia kasvualustoja.

Opinnäytetyössä vertaillaan tuotekehitysvaiheessa olevan turvelevyn ja kivivillan vedenpidätysominaisuuksia. Teoriaosuudessa käsitellään erilaisia kasvualustoja, niiden käyttöä ja ryhmittelyperusteita. Suomessa käytetyimpien kasvualustojen lisäksi harvinaisempia ja muualla maailmassa käytetympiä vaihtoehtoja käsitellään suppeammin.

## 2 KASVUALUSTOJEN RYHMITTELY

Kasvualustat voidaan jaotella monin tavoin esimerkiksi fysiologisten, kemiallisten ja biologisten ominaisuuksien mukaan. Niiden perusteella voidaan määritellä, mikä kasvualusta vastaa viljeltävän kasvin vaatimuksiin parhaiten. Lisäksi viljelijän kannalta tärkeitä ryhmittelyperusteita ovat esimerkiksi kasvualustan saatavuus, hinta, käsiteltävyys ja ekologisuus. Kasvualustan on myös oltava puhdasta, eli se ei saa sisältää kasveille haitallista mikrobitoimintaa.

### 2.1 Aktiivisuus, inaktiivisuus ja mikrobitoiminta

Juuristo tarvitsee veden ja hapen lisäksi ravinteita. Kasvualustan aktiivisuus tai inaktiivisuus vaikuttaa siihen, millä tavalla ne kasville annetaan. Aktiivinen kasvualusta pystyy pidättämään ravinteita. Sen voi kalkita ja lannoittaa etukäteen, koska ravinteet varastoituvat ja vapautuvat hiljalleen kasvin käyttöön. Inaktiivinen kasvualusta ei pidätä ravinteita merkittävän hyvin, joten ne on annosteltava vasta kastelun yhteydessä. (Kanniainen 2003, 121). Inaktiiviset kasvualustat sopivat ylikasteluviljelyyn. Aktiivisiin kasvualustoihin katsotaan kuuluvan orgaaniset vaihtoehdot, esimerkiksi turpeet, kookos sekä puukuitu, ja inaktiivisiin epäorgaaniset, kuten kivivilla, perliitti ja lasivilla.

Pinta-aktiivisuudella tarkoitetaan kasvualustan ja juurten välistä positiivisten kationien vaihtamista, eli sitä kuinka tehokkaasti kasvualusta pidättää ravinteita ja luovuttaa niitä kasvin käytettäväksi. (Puustjärvi 1991, 95).

Kaikissa kasvualustoissa tapahtuu jonkin verran mikrobitoimintaa. Yleensä sitä on enemmän aktiivisissa, kuin inaktiivisissa kasvualustoissa. Mikrobitoiminta voi olla viljelyn kannalta hyödyllistä, koska se voi parantaa kasvualustan rakennetta ja juuriston leviämistä sekä tehostaa ravinnetaloutta. Mikrobitoiminnasta voi olla myös haittaa, jos se ilmenee esimerkiksi kasvitauteja ylläpitävien bakteerien pysymisenä kasvualustassa. Mikrobitoimintaan vaikuttavia tekijöitä ovat kasvualustan happamuus, kosteus, murukoko, kasvillisuus ja mahdollinen hapettomuus. (Laihosola 2017; Kanniainen 2003, 124).

### 2.2 Vedenpidätyskyky ja huokostilavuus

Jos astian, jossa on reikiä pohjassa ja ilmatiivis kansi päällä, täyttää turpeella ja asettaa sen pohjastaan kosketukseen vapaan vesipinnan kanssa, alkaa turve imeä vettä huokosiaan ylöspäin. Veden nousua jatkuu niin kauan, että turpeen vesitila on tasapainossa vapaan veden kanssa. Yhden vesigramman nousu turpeessa yhden senttimetrin korkeuteen vaatii työnsuorituksen, jota vesigramman omaava energiapotentiaali vastaa. Voimaa, jolla kasvualusta pidättää vettä, kutsutaan matrikpotentiaaliksi.



Matrikpotentiaalin voimaa voidaan kuvata energian tai paineen suureilla, kuten pascal, baari ja joule. Gravimetrisesti mitattuna, kuten tässäkin opinnäytetyössä, yksikkönä on kuitenkin yleensä mielekkäämpää käyttää vesipatsaan korkeutta senttimetreinä helpomman ymmärrettävyyden vuoksi (kuva 2). (Puustjärvi 1973, 55-57; Gardners & Jury 1991, 51).

Vedenpidätyskykyä mitattaessa tulee huomioida, milloin vesi on kasville käyttökelpoista. Periaatteessa kasvualustan kosteuden optimitilassa imuvoiman suuruus = 0, jolloin huokostila on kokonaan kyllästetty vedellä. Käytännössä se ei ole mahdollista, koska juuristo kärsisi tilanteesta hapen puutteesta. Sen takia käyttökelpoista vettä määriteltäessä voidaan käyttää sellaista alarajaa, jonka vallitessa kasvualustan imuvoima on niin alhainen, ettei se juuri hidasta kasvien kasvua. Turpeen kohdalla alarajana voidaan pitää -50 cm imuvoimaa. Ylärajana voidaan pitää -10 cm imuvoimaa, jolloin juuristolle riittää myös ilmatilaa. Viljelijän kannalta vedenpidätyskokeen tärkeimmät tulokset ovat siis vesipatsaan imuvoimakkuuksien -10 cm ja -50 cm välillä. Vesitilan ja ilmatilan tasapainottelu tapahtuu aina toistensa kustannuksella, minkä takia sopiva vedenpidätyskyky on niin merkittävä kasvualustan valintaperuste. (Puustjärvi 1973, 63-65; Tahvonen 2015, 70).

Vesi- ja ilmatila määräytyvät lähinnä huokoskoon mukaan. Kasvualusta koostuu hiukkasista, joiden koolla on myös merkitystä, mutta olennaisempaa on niiden väliin jäävä ilmatila eli huokoset. Kasvi tarvitsee erikoisista huokosista eri tarkoituksiin. Juuret vaativat kasvaakseen riittävästi vähintään 300 mikrometrin kokoisia huokosia, mutta juurikarvat pääsevät hyödyntämään vettä ja ravinteita jo 10 mikrometrin kokoisista. Sienirihmasto ja bakteerit voivat hyödyntää jopa vain yhden mikrometrin huokosia. Merkittävintä kasvualustan huokoskoko on kuitenkin sen vesitalouden kannalta. Vesi pystyy pidättymään, kun huokoskoko on alle 300 mikrometriä. Jos sitä suurempia huokosia on liikaa, jää vedenpidätyskyky optimaalista alhaisemmaksi. Jos taas huokoskoko on alle 0,2 mikrometriä, eivät juuret pysty enää käyttämään huokosiin varastoitunutta vettä. Riittävä ilmatila edellyttää myös tarpeeksi suuria, jopa 300 mikrometrin huokosia (Puustjärvi 1991, 86-88; Boyer & Kramer 1995, 147).

## 2.3 Ravinteikkuus ja happamuus

Jokaisella kasvilla on omat vaatimuksensa ravinteiden suhteen. Niitä tulee olla helppokäyttöisessä muodossa ja sopivassa suhteessa viljelyn onnistumiseksi. Kun käytetään inaktiivista kasvualustaa tai menetelmänä on vesiviljely, on kaikkien ravinteiden tultava pelkästään kasteluveden mukana. Tarkka annostelu on tärkeää, koska liialliset ravinteet alentavat veden vesipotentiaalia ja hidastavat siten kasvien vedenottoa. Aktiivinen kasvualusta pystyy varastoimaan ravinteita, jolloin ne pysyvät kasvualustassa kasville käyttökelpoisessa, muussa kuin vesiliukoisessa muodossa. Pidättyneinä ne eivät vähennä veden osmoottista potentiaalia, mutta niiden pitäisi silti pysyä tasapainossa kasteluvedessä

olevien liukoisten pitoisuuksien kanssa. Orgaaniset kasvualustat voivat jo itsessään sisältää ravinteita, tai ne voidaan peruslannoittaa ja kalkita ennen käyttöönottoa. Aktiivisen kasvualustan käyttö voi vähentää tai harventaa lannoitustarvetta huomattavasti. Toisaalta inaktiivisia kasvualustoja tai vesiviljelymenetelmää käytettäessä ylimääräisten ravinteiden talteenotto voi olla tehokkaampaa. (Puustjärvi 1991, 150-151).

Kasvualustan happamuus määräytyy sen sisältämien vetyionien (H<sup>+</sup>) mukaan; mitä enemmän vetyioneja, sitä happamampi kasvualusta. Ominaisuutta ilmaistaan pH-asteikolla 0 – 14, jossa alemmat lukemat kertovat happamuudesta ja suuremmat emäksisyydestä. Yleensä liian happamat tai emäksiset olosuhteet alentavat satoa, koska kasvien ravinteidenotto vaikeutuu. Kasvilajeilla on kuitenkin erilaisia vaatimuksia happamuuden suhteen, ja jotkut kasvilajit vaativat jopa happaman kasvualustan menestyäkseen. Kalkituksella voidaan nostaa pH-arvoa, mikä vaikuttaa välillisesti myös kasvualustan ravinnetilaan. Kasvualustat ovat usein valmiiksi peruskalkittuja.

## 2.4 Käsiteltävyys ja rakenne

Optimaalisessa kasvualustassa huokostilan tulisi olla mahdollisimman suuri. Suurimman osan huokosista pitäisi olla läpimitaltaan 30 – 300 mikrometriä. Noin puolen huokostilasta olisi hyvä koostua läpimitaltaan alle 60 mikrometrin huokosista, koska ne muodostavat vesitilan, ja toisen puolen yli 60 mikrometrin huokosista, jotka muodostavat ilmatilan. (Puustjärvi 1991, 87).

Kasvualustan sopiva rakenne riippuu paljolti kastelutekniikasta. Kasvi-huoneviljelyssä suuresta keskimääräisestä huokoskoosta on hyötyä, koska kastelua on usein ja se on tarkasti kontrolloitavissa. Suuri huokoskoko takaa riittävän tuuletuksen ja juuriston hapensaannin. Peltoviljelyssä puolestaan pienestä huokoskoosta (alle 60 mikrometriä) ja näin ollen hyvästä vedenpidätyksestä on etua, koska kastelu on epätasaista ja harvempaa. (Boyer & Kramer 1995, 86; Puustjärvi 1991, 88).

Rakenteen täytyy olla myös kestävä, eikä kasvualusta saa painua kasaan viljelyn aikana. Jos rakenne on heikko ja kasvualusta pääsee tiivistymään, niin huokostila pienenee ja vaikuttaa juuriston veden- ja hapensaantiin. (Gardners & Jury 1991, 32). Etenkin orgaaniset kasvualustat ovat taipuvaisia painumaan, koska ne alkavat maata viljelykäytössä.

Kasvualustan valintaan voi vaikuttaa myös sen käsiteltävyys. Kevyttä materiaalia on painon puolesta helpompi käsitellä, mutta kasvualustan olisi hyvä olla myös siistiä ja pölyämätöntä. Kasvihuoneviljelyssä hygienian on tärkeää taudittomuuden ja näin myös sadon onnistumisen kannalta, joten kasvualustan tulisi olla helposti siistinä pidettävä.

## 2.5 Ekologisuus

### 2.5.1 Tuotanto

Kasvualustatuotannon kestävyys liittyvät itse raaka-aineen alkuperän ekologisuus, valmistusprosessiin sekä logistiikkaan kuluva energia ja kasvualustan uusiutuvuus. Esimerkiksi puu- tai kookoskuitu saattaa olla täysin muun tuotteen valmistuksen sivuvirrasta syntynyttä materiaalia. Toisaalta kookoksen kuljettaminen sen alkuperämaasta Suomeen kuluttaa osaltaan ympäristöä. Turvetta pidettiin sen yleistymisen aikana täydellisen ekologisena vaihtoehtona, koska suot ovat täysin uusiutuvia ja niiden pinta-ala on noin kolmannes koko Suomen pinta-alasta. Nykyään soihin kohdistuu kuitenkin enemmän suojelupaineita ja ymmärretään, kuinka pitkä aika niiden ennalleen uusiutumiseen kuluu.

### 2.5.2 Kierrätettävyys

Kasvualustan ekologisuuteen vaikuttaa tuotannon lisäksi sen uudelleen käyttämisen mahdollisuus. Jotkut kasvualustat kestävät viljelyä useamman vuoden monivuotisia kasveja viljeltäessä. Kasvitautilien ja tuholaisten minimoimiseksi hygienia on kasvihuoneviljelyssä tärkeää, joten kasvualustan on oltava ennen viljelyn aloittamista puhdasta. Hygienen varmistamiseksi käytetty kasvualusta voidaan höyryttää korkeassa lämpötilassa. Se, kestääkö kasvualusta höyryttämisen vaikuttaa siis osaltaan tuotteen ekologisuuteen.

Käytettyjä kasvualustoja voidaan hyödyntää myös muihin tarkoituksiin. Erityisesti orgaaniset kasvualustat voivat sopia maanparannusaineiksi avomaaviljelyyn. Jos muuta käyttömahdollisuutta viljelyn jälkeen ei ole, voidaan orgaaniset kasvualustat hävittää kompostoimalla, mikä on kestävämpää kuin epäorgaanisten kasvualustojen hävittäminen.

Ekologiset tekijät korostuvat kasvualustateollisuudessa nykyään entistä enemmän, ja esimerkiksi rakennetta parantavat ja muut kasvualustoihin lisättävät materiaalit korvataan yhä useammin biologisesti hajoavilla vaihtoehtoilla synteettisten käyttämisen sijaan.

### 3 KASVUALUSTOJEN KÄYTTÖ JA OMINAISUUDET KASVIHUONEVILJELYSSÄ

#### 3.1 Turpeet

Turve on eloperäinen, aktiivinen kasvualusta, joka koostuu suokasvien hajautuneista jäänteistä. Se on ollut tärkeä kasvualusta suomalaisessa kasvihuoneviljelyssä jo 1950-luvulta lähtien. Turvekasvualustoja on paljon erilaisia, ja niitä luokitellaan yleensä kasvilajikoostumuksen ja maatumisasteen perusteella. Tärkeimmät kasviryhmät ovat rahka- ja lehtisammat, sarat ja puumaiset kasvit. Maatumisasteen eli H-arvon määrittämisessä käytetään luonnontilaisen turpeen tutkimiseen kehitettyä von Post'n asteikkoa 1 – 10. Arvo H1 tarkoittaa, ettei kasviaines ole vielä hajautunut ja H10 kokonaan maatunutta. Turpeet voidaan luokitella maatumisen perusteella myös kolmeen pääryhmään, jotka ovat vaalea, tumma ja musta turve. (Puustjärvi 1973, 17-23).

Hyvässä rahkasammalturpeessa on 95-96 % kokonaishuokostila. Se on luonnostaan hapan materiaali, minkä takia se säilyy pitkään muuttumattomana ja siinä on vain vähän mikrobitoimintaa. Hajoaminen alkaa vasta silloin, kun turve lannoitetaan ja/tai kalkitaan. (Kanniainen 2003, 125-126).

Turpeen ekologisuus ei ole yksiselitteistä. Toisaalta se on täysin uusiutuva luonnontuote, mutta suon uusiutuminen ennalleen on hidasta. Turpeen nostoalue elpyy samannäköiseksi jo parin vuoden kuluessa, mutta alkuperäisen tilan saavuttaminen vie kymmeniä, ellei satoja vuosia. Suomessa turvemaita on käytetty viimeisten vuosikymmenien aikana niin paljon, että esimerkiksi kasvualustoja tuottavat yritykset ovat alkaneet nostaa turvetta myös Virosta. Turvetuotantoon käytetään kuitenkin vain 0,8 % kaikista Suomen turvemaista. Yli puolet turvemaista on ojitettu metsätalousskäyttöä varten. (Geologian tutkimuskeskus 2017).

#### 3.2 Kivivilla

Kivivilla on vulkaanisesta kiviaineesta, yleensä diabaasista tai basaltista, kalkkikivistä ja koksista koostuva inaktiivinen kasvualusta. Yleensä siihen lisätään hartsia sidonta-aineeksi ja pintajännitystä poistavaa ainetta parantamaan vedenpidätyskykyä. Valmistusprosessissa kiviaines kuumentetaan vähintään 1500 asteeseen ja venytetään ohuiksi säikeiksi. Säikeet kiedotaan nopeasti pyörivän kehikon ympärille, mistä johtuu kuitumainen rakenne. Säikeet puristetaan levyiksi tai kuutioiksi. Puristamisella ja pyörimisnopeutta sekä säikeen paksuutta säätämällä voidaan vaikuttaa tarkasti halutunlaisen kasvualustan ominaisuuksiin. Sopiva tilavuuspaino on noin 80 kg / m<sup>3</sup>, koska sitä kevyempi painuu herkästi kasaan. Kuidut voivat olla käyttötarkoitukseen soveltuvasti joko pysty- tai vaakasuuntaisesti. Kivivilla soveltuu hyvin ylikasteluun. (Smith 1998, 7-10)

### 3.3 Perliitti

Perliitti on itsessään käyttökelpoinen kasvualusta ylikasteluviljelyssä ja hyvä ilmatilan lisääjä sekoitettuna muihin kasvualustoihin. Luonnollinen perliitti muodostuu nopeasti jäähtyvistä laavasta, kun tulivuori purkautuu. Kasvualustakäyttöön se prosessoidaan murskaamalla massa ja kuumentamalla se noin 1000 asteeseen. Kuumennuksessa sen tilavuus suunnilleen 30-kertaistuu, minkä ansiosta valmis tuote on hyvin kevyt ja huokoinen. Perliitin irtotiheys on noin 85 - 95 g / l ja huokostila 96,5 - 97,6 % välillä. Sitä on saatavilla erilaisilla karkeusasteilla, joille on kuitenkin yhteistä läpimitaltaan alle 0,5 mm:n hiukkasten hyvin vähäinen määrä. Koska juuri sen kokoiset hiukkaset lisäävät vedenpidätyskykyä, on perliitin vedenpidätyskyky matala ja ilmatila vastaavasti suuri. Suuren huokoskoon takia perliitin ilmatila on käytännössä aina niin suuri, että juuret eivät voi kärsiä hapettomuudesta. Ilmavuus ja inaktiivisuus mahdollistavat viljelymenetelmän, jossa perliittisäkit laitetaan kapeisiin altaisiin, joiden pohjalta ravinneliuos nousee kapillaarisesti kasvin käytettäväksi. (Puustjärvi 1991, 102-103; Smith 1998, 14; Kanninen 2003, 130-131)

### 3.4 Kookos

Kookosta on käytetty kasvualustana jo yli 100 vuoden ajan, mutta Suomessa se yleistyi vasta 1990-luvulla. Sitä käytetään paljon erityisesti sellaisissa maissa, joissa turvetta ei ole helposti saatavilla, kuten Espanjassa, Hollannissa, Ranskassa, Australiassa ja Kaakkois-Aasiassa. (Farmit 2017). Suomessa käyttö on yleisintä tunneliviljelyssä. Sitä voidaan myös lisätä tiiviimpiin kasvualustoihin parantamaan vesi- ja ilmatilan tasapainoa. Valmis kookoskuitutuote on tiiviiksi levyksi puristettua hedelmän kuorta, jota on saatavilla eri karkeuksilla. Materiaalina se on ilmavaa, kevyttä ja helppoa käsitellä. Kasvualusta kastellaan vasta juuri ennen viljelyä, jolloin se turpoaa noin nelinkertaiseksi. Kookoksen rakenne on kestävämpi kuin esimerkiksi turpeella, joka painuu herkemmin kasaan. Ennen käyttöä kookos tulee aina huuhdella, koska se saattaa sisältää runsaasti natriumkloridia ja kaliumia. Lannoituksessa on huomioitava riittävä typen määrä, koska osa tyydestä sitoutuu liukenemattomaan muotoon. (Järvinen, M, Karjalainen, K & Vuollet, A, 2016). Kookos on sinänsä ekologinen, että se on biologisesti hajoava kasvualusta, ja yleensä mahdollinen käyttää useamman kerran.

### 3.5 Muut kasvualustat ja vesiviljely

Lasivilla, kevytsora, polyfenolihiartsivaahdo, polyuretaanivaahdo, komposituotteet, puukuidut ja vermikuliitti ovat Suomessa vähemmän käytettyjä kasvualustoja. Pumice (hohkakivi), riisin akanat ja jotkin synteettiset kasvualustat ovat niin ikään harvinaisia Suomessa, mutta Keski-Euroopassa ja muualla maailmassa yleisempiä.

Lasivillaa käytetään viljelyssä kivivillan tavoin. Se on valmistettu kvartsista ja hyvänä puolena se kestää hyvin happamuutta. (Kanniainen 2003, 131). Viljelykäytössä se ei ole Suomessa kovin yleinen.

Kevytsora on savesta kuumentamalla valmistettua hyvin huokoista materiaalia. Se koostuu pyöreähköistä osasista ja on hieman painavampaa kuin esimerkiksi perliitti. Ilmavuutensa ja inaktiivisuutensa puolesta se sopii ylikasteluviljelyyn. (Kanniainen 2003, 131)

Vermikuliitti on kellertävän kiiltävää, pehmeää ja kevyttä luonnonmateriaalia. Se pidättää vettä, mutta huonona puolena rakenne heikkenee ja se voi alkaa painua kasaan viljeltäessä. Sitä käytetään usein jonkun muun kasvualustan seassa vesitaloutta parantavana ainesosana.

Kasvualustoista tehdään sekoituksia sopivien ominaisuuksien saavuttamiseksi. Esimerkiksi turpeeseen voidaan lisätä hiekkaa, puukuitua tai perliittiä, jotta ilmatila kasvaa. Savesainesta lisäämällä taas kasvualustasta tulee painavampaa ja se hillitsee paremmin liian rehevää kasvua. Saveksen lisääminen myös pienentää liukoisen kaliumin ja fosforin määrää ja siten myös johtolukua.

Vesiviljely on etenkin salaatin ja yrttien viljelyssä yleistynyt menetelmä. Siinä juurilla ei ole välttämättä lainkaan kiinteää kasvualustaa, vaan ne ovat joko jatkuvasti virtaavassa tai hyvin taajaan annettavassa ravinneliuoksessa. Ravinteet on annosteltava tarkasti, jotta niitä on riittävästi, mutta ei liikaa, ettei vesipotentiaali pienene ja siten vaikeuta juurien vedenottoa.

## 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Kokeen tarkoituksena oli selvittää kasvualustoja kehittävän yrityksen uuden turvepohjaisen kasvualustan vedenpidätyskyky ja sen perusteella arvioida tuotteen soveltuvuutta markkinoille. Vertailun vuoksi kokeessa mitattiin samat ominaisuudet myös kivivillalta, koska se on paljon käytetty kasvualusta, jonka viljelyominaisuudet tunnetaan hyvin. Osa näytteistä oli käytettyjä ja ne olivat kokeen alkaessa viljelykosteita. Ennen kokeen alkamista kaikki viljelylevyt olivat tiiviisti suljetuissa muovipusseissa ja niitä säilytettiin jääkaapissa. Koe tehtiin Hämeen ammattikorkeakoulu Oy:n Lepaan toimipisteen kemian laboratoriossa syksyllä 2016. Työn tilaaja oli Kekkilä Oy.

Kokeessa noudatettiin muuten alun perin kasvualustaseosten vedenpidätyskyvyn mittaamiseen tarkoitettua menetelmää SFS - EN – 13041, mutta

sitä sovellettiin pidentämällä mittaussykliä 24 tunnista 48 tuntiin ja käytämällä vain yhtä teräslieriötä kahden päällekkäisen sijaan. Kokeessa käytettiin Ejkelkampin valmistamaa hiekkalaatikkoa, joka täyttää menetelmän edellyttämät kriteerit.

Näytteistä määritettiin:

- Kiintoaines-, vesi- ja ilmatilavuudet (%) vesipatsaan korkeuksilla -2,5 cm, -5 cm, -10 cm, -50 cm ja -100 cm
- Vesikapasiteetti (%) vesipatsaan korkeuksien -10 cm ja -50 cm välillä
- Kuivumiskutistuminen (%)
- Kuivatilavuuspaino (kg/m<sup>3</sup>)

#### 4.1 Käsittelyt

Näytteet olivat kahdeksasta eri levystä ja niiden koodit olivat:

- U1 turve
- U3 turve
- K1 turve
- K3 turve
- U1 kivivilla
- U2 kivivilla
- K1 kivivilla
- K2 kivivilla

Kaikki näytteet olivat viljelylevyistä. K-kirjaimella merkityt olivat käytettyjä ja viljelykosteita kokeen alussa, U-kirjaimella merkityt uusia. Numerointi ilmaisi ainoastaan, että näytteet oli otettu eri levyistä. Käsittelyitä oli siis neljä erilaista. Näytteistä U3 turve ja K3 turve ei tehty toistoja. Näytteistä U1 turve ja K1 turve tehtiin kolme toistoa ja kaikista kivivillanäytteistä kaksi toistoa. Koeruutuja oli näin ollen yhteensä 16 kappaletta.

#### 4.2 Kokeen valmistelu

Levyistä leikattiin terävällä veitsellä mahdollisimman tarkasti teräslieriön täyttävät näytteet (kuva 1). Lieriön tilavuus oli 0,25 dm<sup>3</sup>. Lieriön pohjaksi kiinnitettiin kuminauhalla sopivan kokoinen pala harsokangasta. Hiekkalaatikko valmisteltiin käyttövalmiiksi täyttämällä se suurin piirtein hiekkapintaan asti vedellä, jotta pinta voitiin tasoittaa mahdollisimman tasaiseksi joka puolelta. Vesi laskettiin laatikkoon säiliöstä, josta se kulki putkea pitkin hiekkapinnan alla kulkevaan putkistoon ja sitä kautta nousi laatikkoon tasaisesti. Näytteet laitettiin hiekkalaatikon pohjalle satunnaisesti järjestyksessä (kuva 2). Laatikko täytettiin vedellä reilusti näytteiden yläpuolelle, jotta näytteet olisivat voineet kyllästyä vedellä läpikotaisin. Kokeessa käytettiin de-ionisoitua, keitettyä vettä ilmakuplien ja mikrobi-toiminnan välttämiseksi.



Kuva 1. Näytteet ovat teräslieriöissä, joiden pohjissa on kuminauhalla kiinnitetyt harsomaiset kankaat. Kuva: Teo Kanninen



Kuva 2. Näytteet on laitettu hiekkalaatikkoon satunnaisessa järjestyksessä. Kuva: Alma Uotila

### 4.3 Mittaukset ja vesipatsaan korkeuden säätö

#### 4.3.1 Näytteiden punnitus

Mittaukset aloitettiin yksitellen järjestyksessä laatikon vasemmasta ylänurkasta alkaen. Näyte laitettiin renkaineen, harsoineen ja kuminauhoinen kalibroidulle vaa'alle ja massa kirjattiin heti taulukkoon. Kapillaarisen yhteyden säilyttämiseksi näyte asetettiin takaisin paikalleen hiekkalaatikkoon napakasti ja mahdollisimman tiiviisti, mutta hiekkapinnan ta-



saisuuden säilyttäen. Punnitusten välillä vaaka kalibroitiin ja tarvittaessa kuivattiin. Näytteet punnittiin pidennetyn mittaussyklin mukaisesti 48 tunnin välein.

#### 4.3.2 Vesipatsaan korkeuden säätö

Vesipatsas vaikutti hiekkapinnan alla olevan putkiston kautta näytteisiin kohdistuvaan imuvoimakkuuteen. Heti mittausten jälkeen vesipatsas säädettiin aina uuteen korkeuteen siirtämällä sitä mitta-asteikolla alaspäin. Todellisuudessa vesi olisi tasapainossa, lukemassa 0, teräslieriön korkeuden puolivälissä, mutta käytännössä siinä tilanteessa olisi mahdotonta tehdä mittauksia. Kyllästystäytön jälkeen näytteet punnittiin siis veden ollessa hiekkapinnan tasalla. Seuraavaksi vesipatsas säädettiin korkeuteen -2,5 cm, jolloin säiliön korkeuden laskiessa imu voimistui. Vesipatsaassa oli laatikkoon yhteydessä olevan putken lisäksi toinen putki, jonka kautta ylimääräinen vesi tippui vihreään astiaan (kuva 3). Vesipatsaan korkeuden säätämisen jälkeen näytteiden annettiin tasoittua hiekkalaatikossa 48 tuntia ennen seuraavaa punnitusta. Vesipatsaan korkeudet, joista mittaukset tehtiin, olivat tässä järjestyksessä -2,5 cm, -5 cm, -10 cm, -50 cm ja -100 cm.



Kuva 3. Menetelmään käytettävän hiekkalaatikon vasemmalla puolella on de-ionisoidulla vedellä täytetty vesisäiliö ja alhaalla vesipat-

sas, jonka korkeutta säätämällä vaikutetaan imun voimakkuuteen. Oikealla on vesipatsaan mitta-asteikko. Kuvat: Alma Uotila

#### 4.4 Hehkutuskevennys

Kuivatilavuuspainon määrittämistä varten näytteille tehtiin hehkutuskevennys. Näytteet laitettiin satunnaisessa järjestyksessä 65-asteiseen uuniin, jossa ne olivat noin kaksi tuntia. Paloturvallisuuden vuoksi uuni jäähdytettiin välillä, ennen kuin lämpötila nostettiin 105 asteeseen, jossa näytteet olivat taas noin kahden tunnin ajan. Heti uunin sammuttamisen jälkeen näytteet punnittiin ja tulokset kirjattiin ylös.

#### 4.5 Vesi- ilma- ja kiintoainestilavuudet

Vesitilavuuden laskeminen vesipatsaan korkeudessa -2,5 cm:

$$\frac{(m^2 - m^6)}{V_1} \times 100 = \text{vesitilavuus -\%} \quad (1)$$

Vesitilavuuden laskeminen vesipatsaan korkeudessa -10 cm:

$$\frac{(m^3 - m^6)}{V_1} \times 100 = \text{vesitilavuus -\%} \quad (2)$$

Vesitilavuuden laskeminen vesipatsaan korkeudessa -50 cm:

$$\frac{(m^4 - m^6)}{V_1} \times 100 = \text{vesitilavuus -\%} \quad (3)$$

Vesitilavuuden laskeminen vesipatsaan korkeudessa -100 cm:

$$\frac{(m^5 - m^6)}{V_1} \times 100 = \text{vesitilavuus -\%} \quad (4)$$

- $V_1$  on lieriön tilavuus
- $m^2$  on näytteen ja lieriön massa (g) vesipatsaan ollessa -2,5 cm
- $m^3$  on näytteen ja lieriön massa (g) vesipatsaan ollessa -10 cm
- $m^4$  on näytteen ja lieriön massa (g) vesipatsaan ollessa -50 cm
- $m^5$  on näytteen ja lieriön massa (g) vesipatsaan ollessa -100 cm
- $m^6$  on kuivatun näytteen ja lieriön massa (g)

Koska tiheys on aineessa vakio, pidettiin kiintoaineen määrityksessä turpeen hiukkastiheytenä lukua 1,6 (Kipp & Wever 1993, 11). Ensin kuivan näytteen massa jaettiin tiheydellä, osamäärä jaettiin sylinterin tila-

vuudella ja tämä osamäärä kerrottiin sadalla, jolloin saatiin kiintoaines - %.

Ilmatilan osuus (%) saatiin vähentämällä sadasta vesi- ja kiintoainestilavuudet.

#### 4.6 Vesikapasiteetti

Vesikapasiteetti määritettiin vesipatsaan korkeuksien -10 cm ja 50 cm väliltä. Se saatiin laskemalla jokaisen näytteen vesitilavuuksien erotukset vesipatsaan korkeuksista -10 cm ja -50 cm.

#### 4.7 Kuivumiskutistuminen

Kuivan näytteen tilavuus laskettiin mittaamalla näytteen pinta lieriön yläreunasta työntömitalla. Kuivumiskutistuminen laskettiin vähentämällä ensin kuivan näytteen tilavuus sylinterin tilavuudesta, jakamalla erotus sylinterin tilavuudella ja kertomalla osamäärä sadalla. Kaikki näytteet eivät kutistuneet, vaan osa kivivillanäytteistä turposi.

#### 4.8 Kuivatilavuuspaino

Kuivatilavuuspaino laskettiin jakamalla ensin pelkän kuivan näytteen massa sylinterin tilavuudella ja kertomalla osamäärä tuhannella. Kuivatilavuuspaino tarkoittaa kuivan kasvualustan massaa  $\text{kg/m}^3$ .

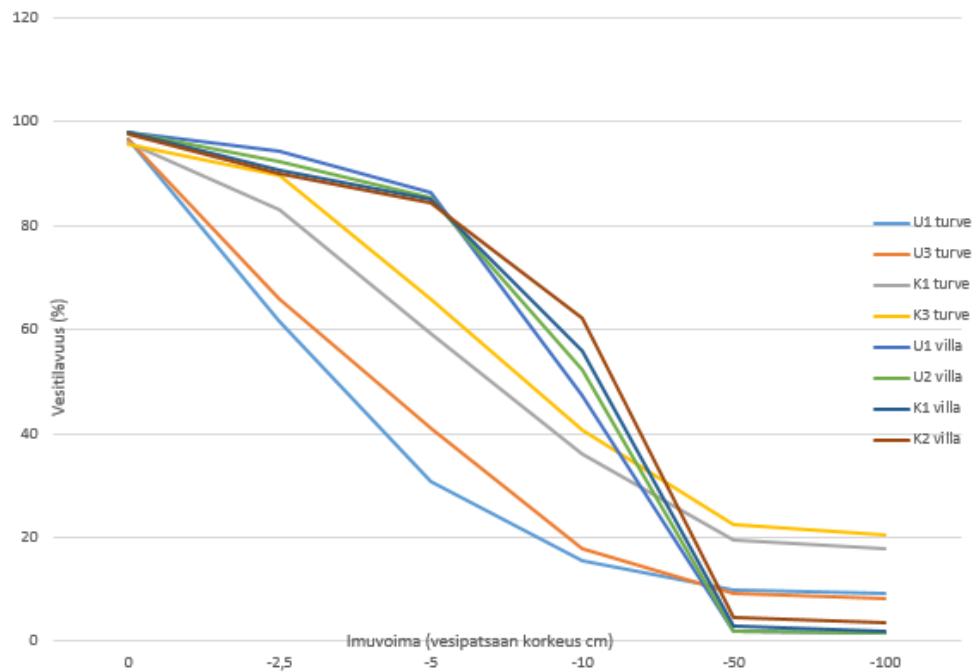
#### 4.9 Kokeen purku

Näytteiden viimeisten punnitusten jälkeen myös metallilieriöt, kuminauhat ja harsot punnittiin. Näytteet hävitettiin ja tavarat laitettiin säilöön myöhempää käyttöä varten.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Vesi-, ilma- ja kiintoainestilavuudet

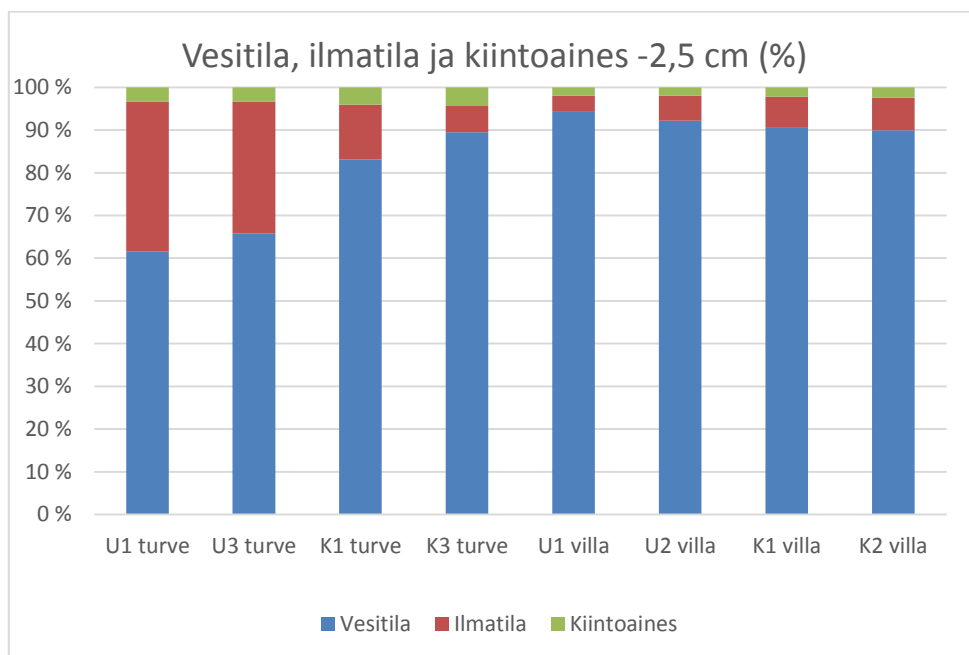
Näytteiden massojen perusteella lasketuista tuloksista laadittu diagrammi (kuva 4) havainnollistaa, että kasvualustojen vedenpidätyskyvyissä oli eroja.



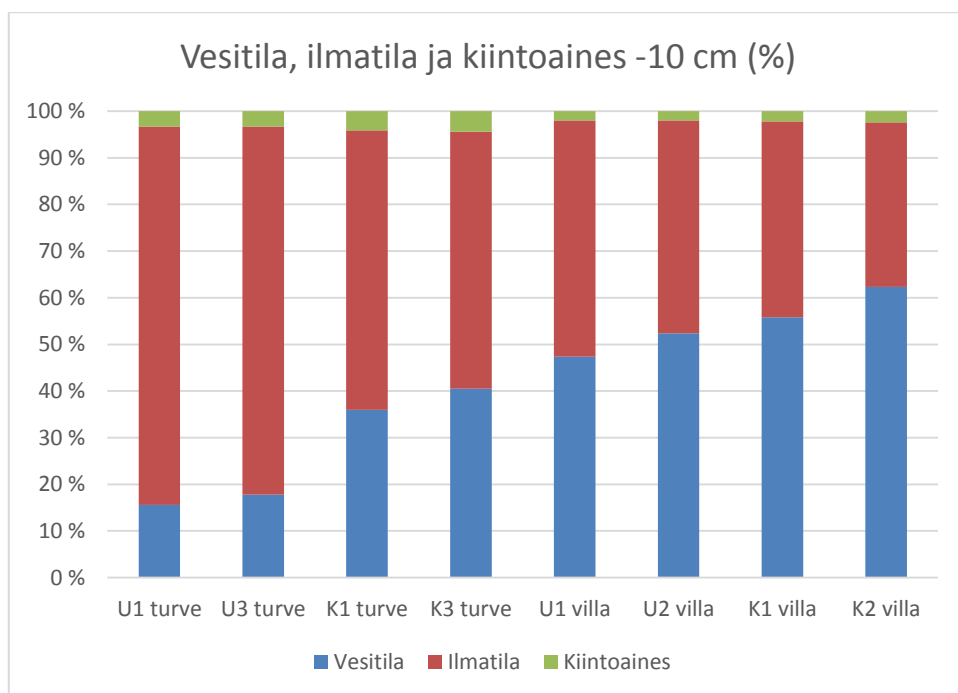
Kuva 4. Näytteiden vedenpidätyskäyrät.

Vesipatsaan ollessa -2,5 cm suurin vesitilavuus oli käyttämättömillä kivi-villanäytteillä ja pienin käyttämättömillä turvenäytteillä (kuva 5). Imun ollessa -10 cm suurin vesitilavuus oli käytetyillä kivivilloilla ja pienin käyttämättömillä turpeilla (kuva 6). Sekä -50 cm että -100 cm imuissa vesitilavuudet olivat suurimmasta pienimpään: käytetyillä turpeilla, käyttämättömillä turpeilla, käytetyillä kivivilloilla ja käyttämättömillä kivivilloilla (kuvat 7 ja 8).

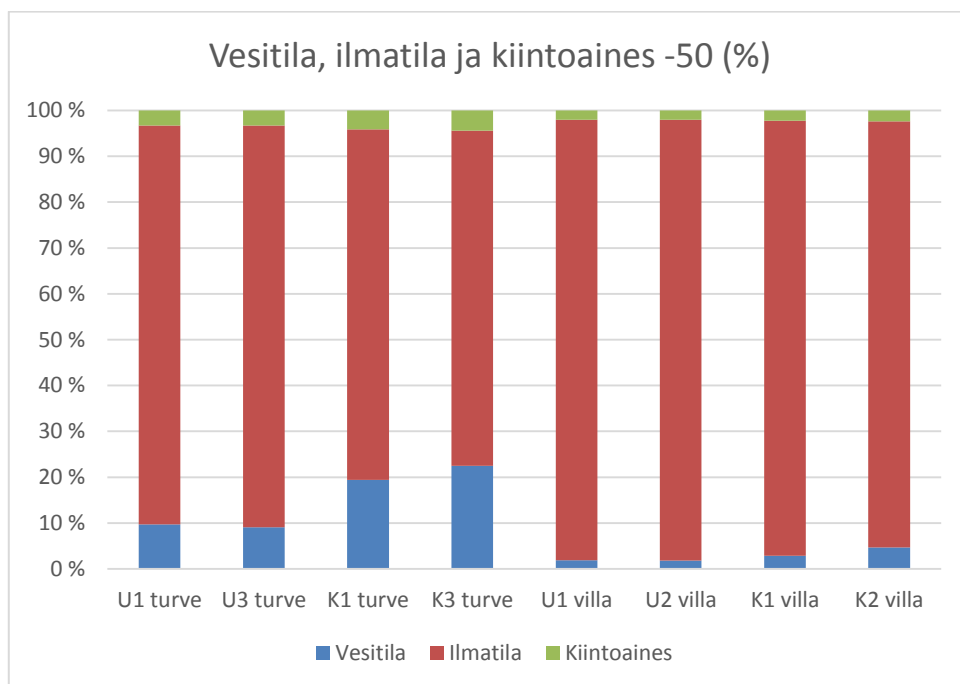
Kiintoaineksen määrä oli suurin käytetyillä turpeilla (kuva 5). Pienin se oli käyttämättömillä kivi-villanäytteillä.



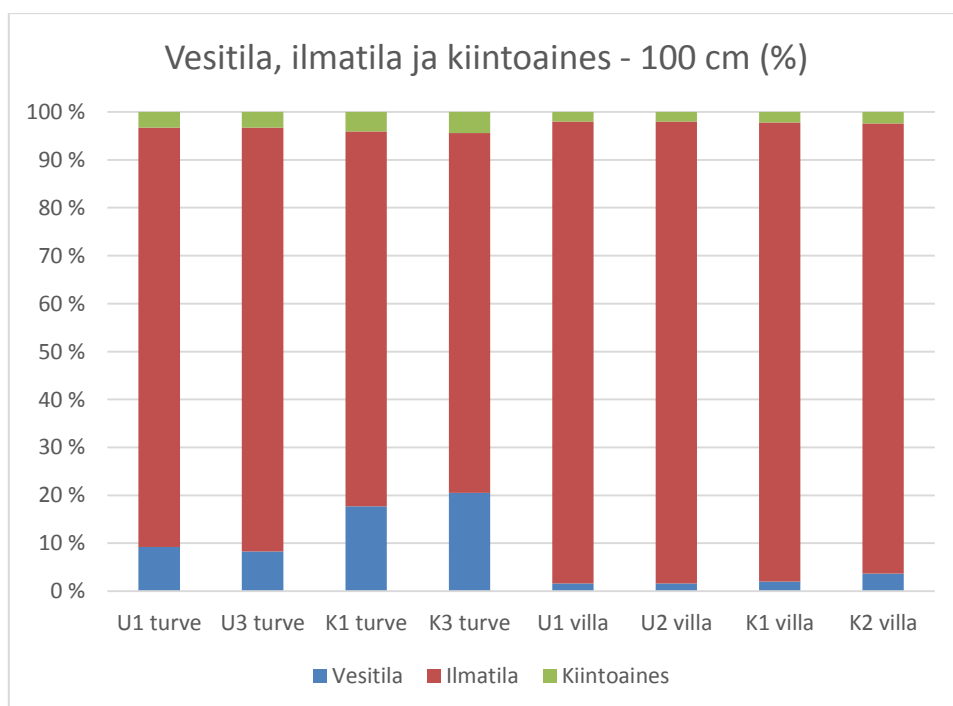
Kuva 5. Vesi-, ilma- ja kiintoainestilan jakautuminen imun ollessa -2,5 cm.



Kuva 6. Vesi-, ilma- ja kiintoainestilan jakautuminen imun ollessa -10 cm.

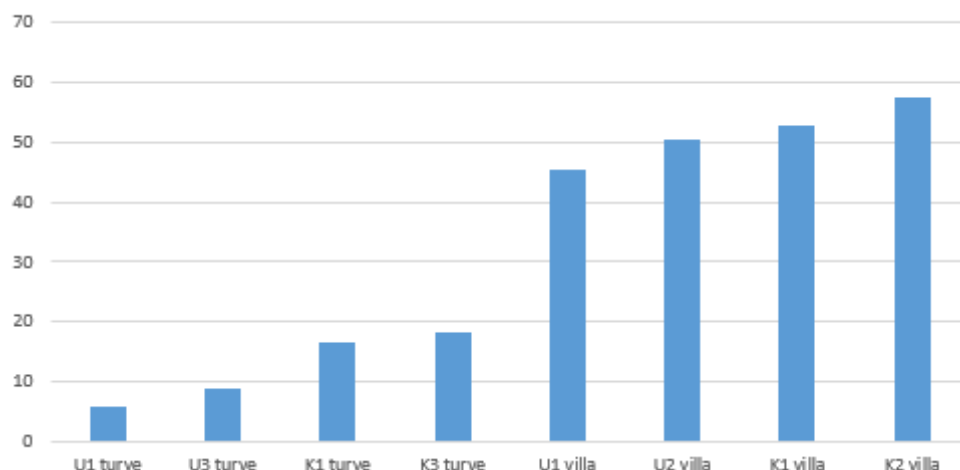


Kuva 7. Vesi-, ilma- ja kiintoainestilan jakautuminen imun ollessa -50 cm.



Kuva 8. Vesi-, ilma- ja kiintoainestilan jakautuminen imun ollessa -100 cm.

## 5.2 Vesikapasiteetti

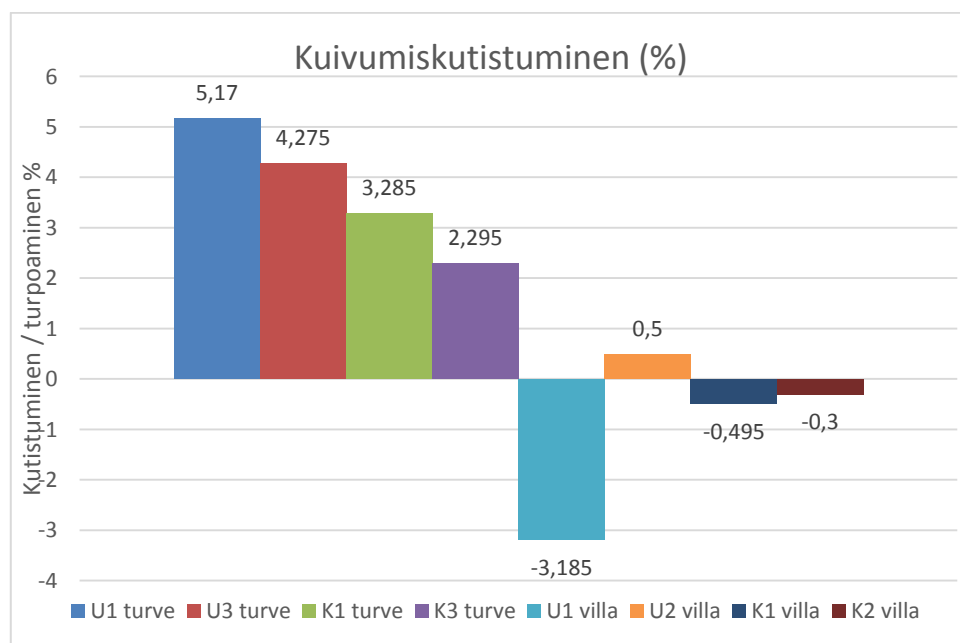


Kuva 9. Vesikapasiteetti (tilavuus -%) vesipatsaan korkeuksien -10 cm ja -50 cm välillä.

Vesikapasiteetit olivat vesipatsaan korkeuksien -10 cm ja -50 cm välillä pienimmästä suurimpaan: uusilla turpeilla, käytetyillä turpeilla, uusilla kivivilloilla ja käytetyillä kivivilloilla (kuva 9).

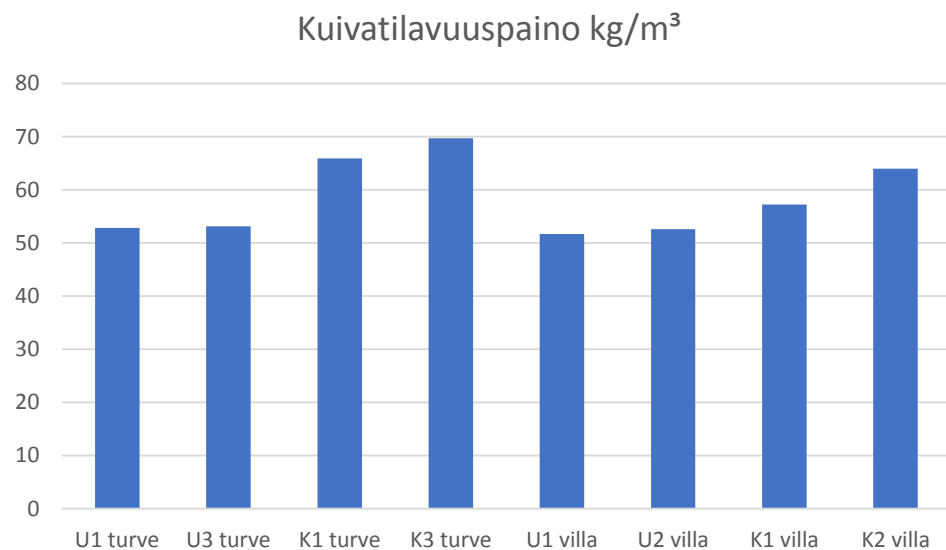
## 5.3 Kuivumiskutistuminen

Kuivumiskutistumista tapahtui eniten käyttämättömille turpeille ja seuraavaksi eniten käytetyille turpeille (kuvio 7). Kivivillanäytteistä vain yksi kutistui hieman ja muut turposivat. Eniten turposi U1 kivivilla.



Kuva 10. Näytteiden kuivumiskutistuminen ja turpoaminen.

## 5.4 Kuivatilavuuspaino



Kuva 11. Kuivatilavuuspainot.

Käsittelyiden kuivatilavuuspainot suurimmasta pienimpään olivat: käytetyillä turpeilla, käytetyillä kivivilloilla, käyttämättömillä turpeilla ja käyttämättömillä kivivilloilla.

## 6 TULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuloksissa oli eroja käsittelyiden välillä. Pääasiassa turvelevyt pidättivät vähemmän vettä, kuin kivivilla. Diagrammista (kuva 4) nähdään, että vesipatsaan ollessa -10 cm kivivillanäytteillä oli suurin vesitilavuus, toiseksi suurin käytetyillä turpeilla ja vähäisin uusilla turpeilla. Käytettyjen turvenäytteiden vesitilavuudet laskivat melko tasaisesti, ja vesipatsaan korkeudessa -50 cm niissä oli eniten vettä. Uusienkin turvenäytteiden vesitilavuus laski tasaisesti, kun taas kivivillojen vesitilavuus laski -50 cm:ssä kaikista vähäisimmiksi.

Kivivillassa vesi pidättyi eniten keskikokoisissa huokosissa, joista suurin osa tyhjentyi vesipatsaan korkeuksien -10 cm ja -50 cm välillä. Turvelevyissä oli enemmän pieniä ja suuria, kuin keskikokoisia huokosia.

Huokoskoko vaikuttaa kastelumenetelmän valintaan ja kastelukertojen taajuuteen. Turvelevy saattaisi tulosten perusteella soveltua ylikasteluun, koska sen suuret huokokset eivät pysty pidättämään vettä, minkä takia juuristo ei joutuisi herkästi kärsimään hapenpuutteesta. Kasvualustan



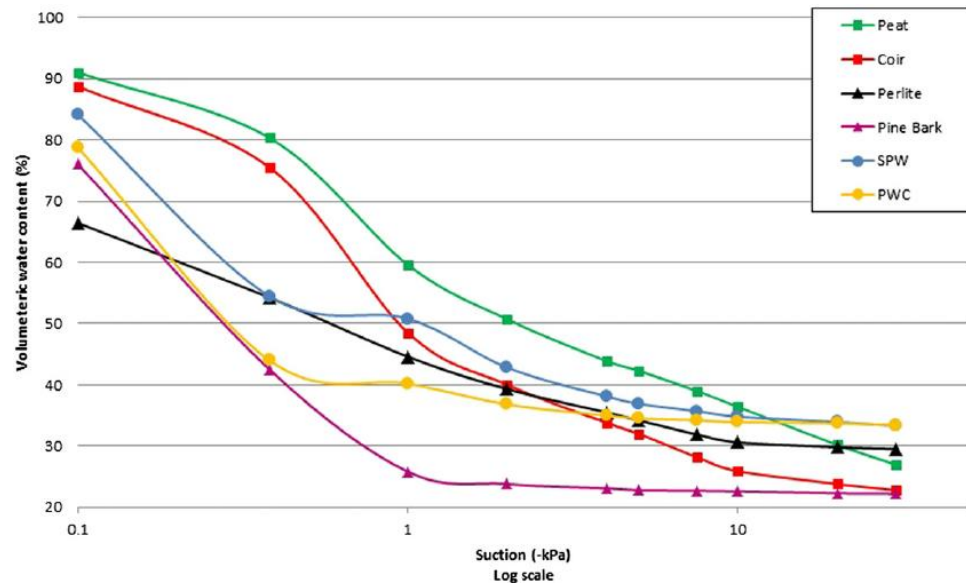
ominaisuuksien lisäksi kastelun tarpeeseen vaikuttavat viljeltävä kasvilaji, viljelylämpötila ja valosäteily.

Käytetyissä turvelevyissä vesitilavuus oli vesipatsaan korkeuksien -10 ja -50 cm välillä suurempi kuin uusien. Keskikokoisten huokosten puute vähentää vesikapasiteettia. Jos vesikapasiteettia haluttaisiin lisätä tai vähentää, voitaisiin kasvualustan komponenttien suhteita tai ominaisuuksia muuttaa, tai sen rakennetta voitaisiin muokata mekaanisesti erilaiseksi, esimerkiksi erikokoisia seuloja käyttämällä.

Käytettyjen ja uusien viljelylevyjen tulokset erosivat toisistaan. Käytetyt turpeet pidättivät vettä enemmän kuin käyttämättömät. Käytetyt kiviviljat pidättivät vesipatsaan korkeuksien 0 cm ja -5 cm välillä vähemmän vettä kuin käyttämättömät, mutta vesipatsaan korkeuksien -5 cm ja -100 cm välillä käytetyillä oli suurempi vesitilavuus. Tulosten perusteella turvelevy muuttui viljeltäessä enemmän, kuin kivivilla. Viljelyn aikana kasvualustan rakenne voi painua kasaan, mikä vaikuttaa huokoskokoon ja vedenpidätyskykyyn. Voi myös olla, että turvelevyjen erot perustuvat tässä kokeessa vain hystereesi-ilmiöön, koska uusia turvelevyjä oli vaikea saada kostumaan. Hystereesiä olisi ehkä voitu välttää suihkuttamalla deionisoitua vettä näytteiden päälle kokeen alussa tai antamalla niiden olla veden pinnan alapuolella pidempään. Hidas kastuminen on turvepohjaisilla kasvualustoilla melko tavallista, ja käytännössä se tulee huomioida siten, että kasvualustat kastellaan huolellisesti ennen viljelyn aloittamista.

Ilmakuplien muodostumista vesipatsaan putkeen yritettiin välttää, mutta vesipatsaan korkeudessa -100 cm niitä kuitenkin ilmeni, mikä saattoi vaikuttaa imuvoimakkuuden tuloksiin. Tilaajan kannalta sillä ei ollut merkitystä, sillä muissa vesipatsaan korkeuksissa ilmakuplia ei ollut.

Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa (HortScience 2014) on käytetty vedenpidätyskokeen paineen suureena kilopascaleita, mutta sitä voidaan vertailla opinnäytetyön tuloksiin pitämällä 1 kPa:n painetta -10 cm imua vastaavana (kuva 12). 10 kPa vastaa hieman yli -100 cm imua. Tähän tutkimukseen verrattuna kokeessa käytetyn uuden turvelevyn vedenpidätyskyky on pienempi. Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa kehitettiin mäntypohjaisia kasvualustoja ja parannettiin niiden vedenpidätystä turvetta lisäämällä.



Kuva 12. Turpeen, kookoskuidun, perliitin, vanhan männynkaarnan, mäntypuukuidun (shredded pine wood, *Pinus taeda*) ja mäntylastujen (pine wood chip) vedenpidätyskäyrät. Kuva: HortScience (2014).

## LÄHTEET

Boyer, J. & Kramer, P. (1995). *Water relations of plants and soils*. San Diego: Academic Press.

Farmit. Haettu 5.6.2017 osoitteesta  
<https://www.farmit.net/kasvinviljely/erikoiskasvien-viljely/kasvihuoneviljely/kasvihuoneviljely-kaesikirja/kasvualusta>

Gabriels, R. & Verdonk, O. (1992) *Acta Horticulturae* 302, 1992  
 ISHS – Commission for plant substrates.  
*Reference method for the determination of physical and chemical properties of plant substrates*. *Acta Horticulturae* 302, 169-179.

Gardner, Walter, Gardner, William & Jury, W. (1991) *Soil physics* 5. painos. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Geologian tutkimuskeskus. Haettu 10.11.2017 osoitteesta  
<http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/turve/turvemaat.html>

Heiskanen, J. & Tamminen, P. (1992). *Maan fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 424.

Heiskanen, J. (2015). *Onko kasvuturpeella tulevaisuutta taimikasvualustana?* Helsinki: Luonnonvarakeskus. Haettu 9.10.2017 osoitteesta  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015072110674>

HortScience (2014). *Hydrophysical Properties, Moisture Retention, and Drainage Profiles of Wood and Traditional Components for Greenhouse Substrates*. *HortScience* vol. 49 (6). Haettu 2.11.2017 osoitteesta  
[https://www.researchgate.net/figure/269113277\\_fig1\\_Fig-1-Moisture-retention-curves-of-peat-coconut-coir-perlite-aged-pine-bark](https://www.researchgate.net/figure/269113277_fig1_Fig-1-Moisture-retention-curves-of-peat-coconut-coir-perlite-aged-pine-bark)

Järvinen, Karjalainen & Vuollet (2016). *Kasvihuoneviljely: tuotantotekniikan perusteet*. Helsinki: Opetushallitus

Kanniainen, T. ym. (2003) *Tehokkaasti kasvihuoneesta*. 3. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kipp, J. & Wever, G. (1993). *Proefstation voor tuinbouw onder glas te naaldwijk*. Naaldwijk: Woltermedia.

Laihosola, J. (2017). *Maanparannusaineiden vaikutus maan mikrobiologiaan : Case: Humuspehtoorin peltokoe Lepaalla*. Opinnäytetyö. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 18.11.2017 osoitteesta  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201705219200>

Puustjärvi, P. (1973). *Kasvuturve ja sen käyttö*. Helsinki: Liikekirjapaino Oy

Puustjärvi, P. (1991) *Kasvu ja kasvun hallinta kasvihuoneviljelyssä*. Vantaa: Mestari-Offset Oy

SFS 13041 (2006) Soil improvers and growing media. Determination of physical properties. Dry bulk density, air volume, water volume, shrinkage value and total pore space. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry

Smith, D. (1998) *Growing in rockwool*. Lontoo: Grower Books

Tahvonen R. (2015). *Viljelyolosuhteiden hallinta nykyaikaisessa kasvihuoneutuotannossa*. Helsinki: Kauppapuutarhaliitto.

## Liite1

## NÄYTTEIDEN VESI-, ILMA- JA KIINTOAINESTILAT VESIPATSAAN ERI KORKEUKSISSA

	Vesitila							
Imuvoima	U1 turve	U3 turve	K1 turve	K3 turve	U1 villa	U2 villa	K1 villa	K2 villa
0	96,7	96,7	95,9	95,6	98,0	98,0	97,8	97,6
-2,5	61,5	65,8	83,1	89,5	94,4	92,2	90,7	89,9
-5	30,8	40,9	59,1	65,8	86,4	85,5	85,0	84,4
-10	15,6	17,8	36,0	40,5	47,4	52,4	55,8	62,3
-50	9,7	9,1	19,4	22,5	1,9	1,8	2,9	4,7
-100	9,2	8,3	17,7	20,5	1,6	1,6	2,0	3,7
	Ilmatila							
	U1 turve	U3 turve	K1 turve	K3 turve	U1 villa	U2 villa	K1 villa	K2 villa
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2,5	35,2	30,9	12,8	6,1	3,6	5,8	7,1	7,7
-5	65,9	55,8	36,8	29,8	11,6	12,6	12,8	13,2
-10	81,1	78,9	59,9	55,1	50,7	45,6	42,0	35,3
-50	87,0	87,6	76,4	73,2	96,2	96,2	94,9	92,9
-100	87,5	88,4	78,2	75,2	96,5	96,4	95,8	93,9
	Kiintoainestila							
	U1 turve	U3 turve	K1 turve	K3 turve	U1 villa	U2 villa	K1 villa	K2 villa
0	3,3	3,3	4,1	4,4	2,0	2,0	2,2	2,4
-2,5	3,3	3,3	4,1	4,4	2,0	2,0	2,2	2,4
-5	3,3	3,3	4,1	4,4	2,0	2,0	2,2	2,4
-10	3,3	3,3	4,1	4,4	2,0	2,0	2,2	2,4
-50	3,3	3,3	4,1	4,4	2,0	2,0	2,2	2,4
-100	3,3	3,3	4,1	4,4	2,0	2,0	2,2	2,4

AINEISTO JA MITTAUSTULOKSET

			Massa sis. näyte, eräessä, kassa, kuminauha																																									
Koodi	toisto	lure=1	Kuminau=2	2,5 cm	5 cm	Eräus	-10 cm	Eräus	-50 cm	Eräus	-100 cm	105 °C, g	Siirretty	g	Häviö + nauha	g	Peltä	näyte, g	Siirretty	cm <sup>3</sup>	Ohut	kuuk	density	g/cm <sup>3</sup>	Kuusi	siirretty	cm <sup>3</sup>	Näyte	cm <sup>3</sup>	Siirretty	näyte	%	Water	volume	2,5 cm	Water	volume	-10 cm	Water	volume	-50 cm	Water	volume	-100 cm
U1.1	1	1	380,7	300,64	36,94	263,7	14,05	249,65	1,22	248,43	226,23	210,88	2,2	13,15	25,133	52,314	0,883	17,5	223,83	6,562	957,068	61,461	0,733	14,908	6579	9,118	22974	8,830	8395															
U1.2	2	1	376,7	300,49	37,13	263,36	13,98	249,38	0,61	248,77	224,65	209,06	2,15	13,44	25,133	53,475	1,029	12	229,33	4,746	999,133	60,498	1,984	15,402	6104	9,835	3046	9,594	4257															
U1.3	3	1	375,9	300,48	40,11	260,37	16,31	244,06	1,91	242,15	228,75	203,3	2,23	13,22	25,133	52,600	1,611	9,5	241,83	3,779	890,98	62,527	3,547	16,559	9132	10,070	4534	9,310	4839															
U3.1	1	1	389,6	327,1	58,12	268,98	21,97	247,01	1,91	245,1	224,24	208,72	2,18	13,34	25,133	53,076	2,02	15	226,33	5,580	489,16	65,793	9,605	17,801	2971	9,058	8078	8,298	4826															
K1.1	1	1	433,3	382,51	53,75	328,76	51,15	277,61	5,18	272,43	224,35	204,95	2,07	17,33	25,133	68,953	1,614	7	244,33	2,785	188,27	83,137	7074	41,542	99129	21,191	26248	19,130	22719															
K1.2	2	1	424,6	349,98	53,88	296,1	32	264,1	3,32	260,78	222	204,69	2,1	15,21	25,133	60,518	4,401	4,5	246,83	1,794	746,75	80,611	14869	29,483	1994	16,758	8629	15,429	1286															
K1.3	3	1	436,8	381,06	66,63	314,43	41,61	272,82	4,58	268,24	221,63	202,21	2,24	17,18	25,133	68,556	4,475	2	249,33	0,795	766,52	85,612	54128	36,923	3663	20,361	6413	18,545	3388															
K3.1	1	1	452	392,42	63,51	328,91	45,47	283,44	4,94	278,5	227,01	207,34	2,14	17,53	25,133	69,748	3,66	2,5	248,83	0,994	708,53	89,519	7549	40,544	1043	22,455	242	20,487	1011															
U1.1	1	2	456,5	455,46	97,83	337,63	109	228,66	0,69	227,97	223,02	209,14	2,21	11,67	25,133	46,432	97,656	-6	257,33	-2,387	295,66	92,897	76379	45,601	4055	2,446	6192	1,965	2142															
U1.2	2	2	464,2	445,06	98,4	346,66	119,9	226,78	0,67	226,11	223,94	206,83	1,9	14,31	25,133	56,937	109,66	-10	261,33	-3,978	83,611	95,953	724	49,186	3873	1,488	8396	1,225	1611															
U1.1	1	2	449	442,73	79,42	363,31	136,7	226,58	0,74	225,84	221,48	205,81	2,12	13,55	25,133	53,913	181,87	5	246,33	1,989	416,05	90,526	3955	56,431	70291	2,029	204631	1,734	77018															
U1.2	2	2	456	428,32	86,82	344,5	117,6	223,91	0,37	223,54	229,98	204,85	2,16	12,87	25,133	51,207	57	-2,5	253,83	-0,994	708,53	93,904	0727	48,350	7388	1,656	6449																	
K1.1	1	2	453,3	456,85	77,69	339,16	128,7	230,51	2,44	228,07	222,82	206,73	2,1	13,99	25,133	55,668	82,2	-2,5	253,83	-0,994	708,53	91,704	13401	54,241	40881	3,059	72277	2,088	9721															
K1.2	2	2	447,8	435,6	69,28	366,32	137	229,28	2,14	227,14	222,18	206,49	1,98	14,77	25,133	58,763	35,66	0	251,33	0		89,770	42136	57,350	8935	2,829	7153	1,973	9095															
K1.1	1	2	450,4	456,75	52,71	384,04	148,4	235,65	2,24	233,41	224,27	206,37	2,05	16,85	25,133	67,143	32449	-1,5	252,83	-0,958	489,2	89,973	4182	63,569	8662	4,527	91511	3,656	306															
K1.2	2	2	448,8	455,05	58,44	376,61	141,3	235,21	2,62	233,69	223,17	206,92	2,21	15,34	25,133	61,039	29,25	0	251,33	0		89,774	40019	61,051	120758	4,830	30789	3,787	8645															